

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-079406

(43)Date of publication of application : 19.03.2002

(51)Int.Cl.

B23B 27/14
 B23B 27/20
 B23B 51/00
 B23C 5/16
 B23P 15/28
 C23C 16/02
 C23C 16/27
 C23C 16/511

(21)Application number : 2000-318758

(71)Applicant : OSG CORP

(22)Date of filing : 19.10.2000

(72)Inventor : HANIYU HIROYUKI

(30)Priority

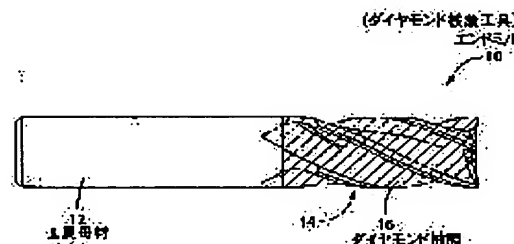
Priority number : 2000195892 Priority date : 29.06.2000 Priority country : JP

(54) DIAMOND-COATED CUTTING TOOL AND METHOD OF MANUFACTURING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform cutting at a high accuracy in profile irregularity by a diamond-coated cutting tool which is coated with a diamond film.

SOLUTION: In order to improve the bond strength of the diamond film 16, the surface of the blade section 14 of the base material 12 of the tool is pretreated (roughened by machining) so that the maximum height R_y of a roughness curved line becomes 1 μm or less, the mean roughness R_z of 10 points ranges from 0.2 to 0.5 μm , and the rounding quantity of the tip of a cutting edge becomes 0.5 μm or less, and is coated with the diamond film 16 such that the diameter of the crystal grains on the surface becomes 1 μm or less, and the maximum film thickness becomes 14 μm or less by repeating a core bonding process by which a core takes a part of a start point for crystal growth using a microwave plasma CVD device and a crystal growing process by which the crystals of diamonds are grown taking the core as a start point.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3477162

[Date of registration] 26.09.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-79406

(P2002-79406A)

(43) 公開日 平成14年3月19日 (2002.3.19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマト* (参考)
B 2 3 B 27/14		B 2 3 B 27/14	A 3 C 0 3 7
27/20		27/20	3 C 0 4 6
51/00		51/00	J 4 K 0 3 0
B 2 3 C 5/16		B 2 3 C 5/16	
B 2 3 P 15/28		B 2 3 P 15/28	A
審査請求 有 請求項の数10 O L (全 11 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-318758 (P2000-318758)

(22) 出願日 平成12年10月19日 (2000. 10. 19)

(31) 優先権主張番号 特願2000-195892 (P2000-195892)

(32) 優先日 平成12年6月29日 (2000. 6. 29)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000103367
オーエスジー株式会社
愛知県豊川市本野ヶ原三丁目22番地

(72) 発明者 羽生 博之
愛知県豊川市本野ヶ原1丁目15番地 オー
エスジー株式会社内

(74) 代理人 100085361
弁理士 池田 治幸

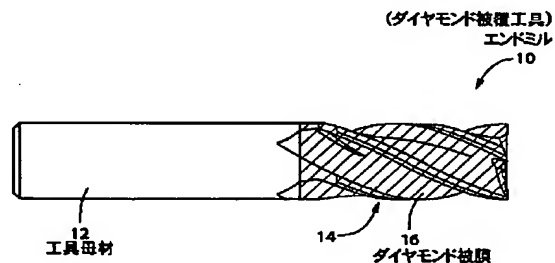
Fターム(参考) 3C037 CC01 CC04
3C046 FF03 FF12 FF16 FF25 FF27
HH09 HH10
4K030 BA28 BB03 BB12 CA03 DA02
DA04 FA01 LA22

(54) 【発明の名称】 ダイヤモンド被覆工具およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ダイヤモンド被膜をコーティングしたダイヤモンド被覆切削工具においても高い面精度で切削加工できるようにする。

【解決手段】 工具母材12の刃部14の表面には、ダイヤモンド被膜16の付着強度を高めるために、粗さ曲線の最大高さ R_z が $1\mu\text{m}$ 以下で且つ十点平均粗さ R_a が $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ の範囲内であるとともに、切れ刃の刃先丸め量が $5\mu\text{m}$ 以下になるように、前処理（表面荒し加工）が施される一方、マイクロ波プラズマCVD装置を用いて結晶成長の起点となる核を付着する核付着工程と、その核を起点としてダイヤモンドを結晶成長させる結晶成長工程とを繰り返すことにより、表面の結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以下で最大膜厚が $14\mu\text{m}$ 以下になるように、微結晶で多層構造のダイヤモンド被膜16がコーティングされている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 工具母材の表面に、ダイヤモンドの結晶成長によってダイヤモンド被膜がコーティングされているダイヤモンド被覆工具であって、前記ダイヤモンド被膜の表面の結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするダイヤモンド被覆工具。

【請求項2】 前記ダイヤモンド被膜は、ダイヤモンドの結晶成長方向と略直角な何れの断面においても前記結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1に記載のダイヤモンド被覆工具。

【請求項3】 前記ダイヤモンド被膜は微結晶の多層構造を成していることを特徴とする請求項1または2に記載のダイヤモンド被覆工具。

【請求項4】 工具母材の表面に、ダイヤモンドの結晶成長によってダイヤモンド被膜がコーティングされているダイヤモンド被覆工具であって、前記ダイヤモンド被膜は、ダイヤモンドの結晶成長方向の長さ寸法が $2\mu\text{m}$ 以下の微結晶の多層構造を成していることを特徴とするダイヤモンド被覆工具。

【請求項5】 切れ刃が形成された工具母材の表面を所定の面粗さに荒し加工してダイヤモンド被膜をコーティングしたダイヤモンド被覆工具であって、前記荒し加工による前記切れ刃の刃先丸め量は $5\mu\text{m}$ 以下で、前記工具母材の表面の粗さ曲線の最大高さ R_z は $1\mu\text{m}$ 以下で且つ十点平均粗さ R_a は $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ の範囲内である一方、前記ダイヤモンド被膜は微結晶の多層構造で、該ダイヤモンド被膜の表面の結晶粒径は $2\mu\text{m}$ 以下で且つ該ダイヤモンド被膜の最大膜厚は $14\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするダイヤモンド被覆工具。

【請求項6】 工具母材の表面に、CVD法によってダイヤモンドを結晶成長させてダイヤモンド被膜をコーティングするダイヤモンド被覆工具の製造方法であって、前記CVD法を実施できるCVD装置の反応炉内で、ダイヤモンドの結晶成長の起点となる核を表面に付着させる核付着工程と、該核を起点としてCVD法によりダイヤモンドを結晶成長させる結晶成長工程と、を繰り返すことにより、微結晶で多層構造の所定の膜厚のダイヤモンド被膜を前記工具母材の表面にコーティングすることを特徴とするダイヤモンド被覆工具の製造方法。

【請求項7】 前記結晶成長工程は、ダイヤモンドの結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下になるように予め定められた所定の処理時間で結晶成長を中止するもので、結晶成長方向と略直角な何れの断面においてもダイヤモンドの結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項6に記載のダイヤモンド被覆工具の製造方法。

【請求項8】 前記結晶成長工程は、ダイヤモンドの結晶成長方向の長さ寸法が $2\mu\text{m}$ 以下になるように予め定められた所定の処理時間で結晶成長を中止するものであることを特徴とする請求項6または7に記載のダイヤモ

ンド被覆工具の製造方法。

【請求項9】 切れ刃が形成された工具母材の表面を所定の面粗さに荒し加工する前処理工程と、該荒し加工が施された工具母材の表面に、CVD法によってダイヤモンドを結晶成長させてダイヤモンド被膜をコーティングするコーティング工程と、

を有するダイヤモンド被覆工具の製造方法において、前記前処理工程では、前記工具母材の表面の粗さ曲線の最大高さ R_z が $1\mu\text{m}$ 以下で且つ十点平均粗さ R_a が $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ の範囲内になるとともに、前記切れ刃の刃先丸め量が $5\mu\text{m}$ 以下になるように荒し加工を行い、

前記コーティング工程では、前記ダイヤモンド被膜の表面の結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下で、該ダイヤモンド被膜の最大膜厚が $14\mu\text{m}$ 以下になるように、微結晶で多層構造のダイヤモンド被膜をコーティングすることを特徴とするダイヤモンド被覆工具の製造方法。

【請求項10】 前記コーティング工程は、前記CVD法を実施できるCVD装置の反応炉内で、ダイヤモンドの結晶成長の起点となる核を表面に付着させる核付着工程と、該核を起点としてCVD法によりダイヤモンドを結晶成長させるとともに、該ダイヤモンドの結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下になるように予め定められた所定の処理時間で結晶成長を中止する結晶成長工程と、を繰り返して、前記微結晶で多層構造のダイヤモンド被膜をコーティングするものであることを特徴とする請求項9に記載のダイヤモンド被覆工具の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はダイヤモンド被覆工具に係り、特に、高い面精度で加工できるダイヤモンド被覆工具およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】エンドミルやバイト、タップ、ドリルなどの切削工具として、超硬合金等の工具母材の表面にダイヤモンド被膜をコーティングしたダイヤモンド被覆切削工具が提案されている。特許第2519037号公報に記載されている工具はその一例で、ダイヤモンド被膜はCVD（化学気相成長）法によってコーティングされている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようにダイヤモンドの結晶成長によってコーティングされたダイヤモンド被膜は、工具母材の表面の核を起点として結晶成長させられた柱状の大きな結晶の集合体であるため、ダイヤモンド被膜の表面では結晶粒径（結晶成長方向と直角な平面内における結晶の大きさ）が $5\sim 10\mu\text{m}$ 程度と大きくなり、表面の凹凸（最大高さ R_z など）も大きくなって、その凹凸が被削材に転写されることにより被削面の面粗さが損なわれるという問題があっ

た。刃先部分の被膜の研磨、結晶方位の均一化、微結晶化等の手法で平滑化することが考えられるが、研磨によって平滑化する場合、研磨時のダメージ（衝撃）で被膜の耐久性が低下する可能性があるとともに、コスト的にも不利である。また、(100)に結晶方位を揃えた場合、大きな圧縮応力が被膜内に残留し、剥離し易くなる傾向がある。また、ダイヤモンド被膜の密着性（付着強度）を高めるために工具母材の表面に荒し加工を施して所定の凹凸を設ける場合、ダイヤモンド被膜を微結晶化するだけでは、その工具母材の表面の凹凸が被膜表面に影響し、平滑な被膜表面を得ることはできない。荒し加工により刃先が丸くなって切れ味が低下するため、これも被削材の面粗さが悪化する一因である。なお、このような問題は、転造工具など切削工具以外の加工工具においても同様に生じる。

【0004】本発明は以上の事情を背景として為されたもので、その目的とするところは、ダイヤモンド被膜をコーティングしたダイヤモンド被覆工具においても高い面精度で加工できるようにすることにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するために、第1発明は、工具母材の表面に、ダイヤモンドの結晶成長によってダイヤモンド被膜がコーティングされているダイヤモンド被覆工具であって、前記ダイヤモンド被膜の表面の結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0006】なお、本明細書において単に「結晶粒径」といった場合は、ダイヤモンドの結晶成長方向と略直角な平面内、すなわち工具母材の表面やダイヤモンド被膜の表面と略平行な平面内、における結晶の大きさ（最大径）を意味する。また、結晶粒径の要件（第1発明では $2\mu\text{m}$ 以下）は、ダイヤモンド被膜の表面の総てのダイヤモンド結晶が満足することが望ましく、電子顕微鏡による観察（例えば1000～10000倍程度）などで測定できる。

【0007】第2発明は、第1発明のダイヤモンド被覆工具において、前記ダイヤモンド被膜は、ダイヤモンドの結晶成長方向と略直角な何れの断面においても前記結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0008】第3発明は、第1発明または第2発明のダイヤモンド被覆工具において、前記ダイヤモンド被膜は微結晶の多層構造を成していることを特徴とする。なお、「微結晶」とは、本明細書では結晶の粒径や長さの最大寸法が $3\mu\text{m}$ 程度以下の場合をいう。

【0009】第4発明は、工具母材の表面に、ダイヤモンドの結晶成長によってダイヤモンド被膜がコーティングされているダイヤモンド被覆工具であって、前記ダイヤモンド被膜は、ダイヤモンドの結晶成長方向の長さ寸法が $2\mu\text{m}$ 以下の微結晶の多層構造を成していることを特徴とする。この場合の長さ寸法の要件（ $2\mu\text{m}$ 以下）

も、前記結晶粒径の場合と同様に、ダイヤモンド被膜を構成している総てのダイヤモンド結晶が満足することが望ましく、電子顕微鏡による観察（例えば1000～10000倍程度）などで測定できる。

【0010】第5発明は、切れ刃が形成された工具母材の表面を所定の面粗さに荒し加工してダイヤモンド被膜をコーティングしたダイヤモンド被覆工具であって、(a) 前記荒し加工による前記切れ刃の刃先丸め量は $5\mu\text{m}$ 以下で、前記工具母材の表面の粗さ曲線の最大高さ R_z は $1\mu\text{m}$ 以下で且つ十点平均粗さ R_a は $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ の範囲内である一方、(b) 前記ダイヤモンド被膜は微結晶の多層構造で、そのダイヤモンド被膜の表面の結晶粒径は $2\mu\text{m}$ 以下で且つそのダイヤモンド被膜の最大膜厚は $14\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。なお、切れ刃の刃先丸め量は、荒し加工前の刃先と荒し加工後の刃先との変位置（図3の寸法d）を意味する。

【0011】第6発明は、工具母材の表面に、CVD法によってダイヤモンドを結晶成長させてダイヤモンド被膜をコーティングするダイヤモンド被覆工具の製造方法であって、前記CVD法を実施できるCVD装置の反応炉内で、ダイヤモンドの結晶成長の起点となる核を表面に付着させる核付着工程と、その核を起点としてCVD法によりダイヤモンドを結晶成長させる結晶成長工程と、を繰り返すことにより、微結晶で多層構造の所定の膜厚のダイヤモンド被膜を前記工具母材の表面にコーティングすることを特徴とする。

【0012】第7発明は、第6発明のダイヤモンド被覆工具の製造方法において、前記結晶成長工程は、ダイヤモンドの結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下になるように予め定められた所定の処理時間で結晶成長を中止するもので、ダイヤモンドの結晶成長方向と略直角な何れの断面においてもダイヤモンドの結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0013】第8発明は、第6発明または第7発明のダイヤモンド被覆工具の製造方法において、前記結晶成長工程は、ダイヤモンドの結晶成長方向の長さ寸法が $2\mu\text{m}$ 以下になるように予め定められた所定の処理時間で結晶成長を中止するものであることを特徴とする。

【0014】第9発明は、(a) 切れ刃が形成された工具母材の表面を所定の面粗さに荒し加工する前処理工程と、(b) その荒し加工が施された工具母材の表面に、CVD法によってダイヤモンドを結晶成長させてダイヤモンド被膜をコーティングするコーティング工程と、を有するダイヤモンド被覆工具の製造方法において、(c) 前記前処理工程では、前記工具母材の表面の粗さ曲線の最大高さ R_z が $1\mu\text{m}$ 以下で且つ十点平均粗さ R_a が $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ の範囲内になるとともに、前記切れ刃の刃先丸め量が $5\mu\text{m}$ 以下になるように荒し加工を行い、(d) 前記コーティング工程では、前記ダイヤモンド被膜の表面の結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下で、そのダイヤモンド被

膜の最大膜厚が $14\mu\text{m}$ 以下になるように、微結晶で多層構造のダイヤモンド被膜をコーティングすることを特徴とする。

【0015】第10発明は、第9発明のダイヤモンド被覆工具の製造方法において、前記コーティング工程は、前記CVD法を実施できるCVD装置の反応炉内で、ダイヤモンドの結晶成長の起点となる核を表面に付着させる核付着工程と、その核を起点としてCVD法によりダイヤモンドを結晶成長させるとともに、そのダイヤモンドの結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下になるように予め定められた所定の処理時間で結晶成長を中止する結晶成長工程と、を繰り返して、前記微結晶で多層構造のダイヤモンド被膜をコーティングするものであることを特徴とする。

【0016】

【発明の効果】第1発明～第3発明のダイヤモンド被覆工具においては、ダイヤモンド被膜の表面の結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下であるため、ダイヤモンド被膜表面の凹凸が低減され、加工面の面粗さが向上する。第3発明では、ダイヤモンド被膜が微結晶で多層構造を成しているため、ダイヤモンドの結晶粒径を小さく維持することが容易に可能である。

【0017】第4発明のダイヤモンド被覆工具のダイヤモンド被膜は、ダイヤモンドの結晶成長方向すなわち工具母材の表面に対して略垂直な方向の長さ寸法が $2\mu\text{m}$ 以下の微結晶の多層構造であるため、ダイヤモンド被膜表面の凹凸が低減され、加工面の面粗さが向上する。

【0018】なお、第5発明のように、ダイヤモンド被膜の密着性を高めるために工具母材に荒し加工を行う場合、第1発明～第4発明のようにダイヤモンド被膜表面の凹凸を低減するだけでは工具母材の表面粗さの影響を受ける可能性があるが、例えば特開平5-263251号公報や特公平6-951号公報などに記載のように、周期表のIVa族～VIa族の金属の炭化物や窒化物、酸化物、或いはA1の窒化物などから成る中間層を工具母材とダイヤモンド被膜との間に設けて密着性を高めることも可能で、その場合は、第1発明～第4発明を適用してダイヤモンド被膜の表面の凹凸を低減するだけで加工面粗さを向上させることができる。第1発明～第4発明は、工具母材の表面に直接ダイヤモンド被膜をコーティングする場合だけでなく、中間層を介してダイヤモンド被膜をコーティングする場合も含む。

【0019】第5発明のダイヤモンド被覆切削工具においては、荒し加工による切れ刃の刃先丸め量が $5\mu\text{m}$ 以下であるとともに、ダイヤモンド被膜の最大膜厚は $14\mu\text{m}$ 以下であるため、そのダイヤモンド被膜をコーティングした状態においても良好な切れ味が得られるようになる。また、荒し加工による工具母材の表面の粗さ曲線の最大高さ R_z は $1\mu\text{m}$ 以下で且つ十点平均粗さ R_a は $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ の範囲内であるため、ダイヤモンド被膜の所定の付着強度を確保しつつ母材表面の面粗さが

向上させられる一方、ダイヤモンド被膜は微結晶の多層構造で、そのダイヤモンド被膜の表面の結晶粒径は $2\mu\text{m}$ 以下であるため、被膜表面が平滑化され、上記切れ味の向上と相まって被削材の面粗さが向上する。

【0020】第6発明、第7発明のダイヤモンド被覆工具の製造方法は、前記第1発明～第3発明のダイヤモンド被覆工具の製造に好適に用いられるもので、実質的に第1発明～第3発明と同様の効果が得られる。第8発明は、ダイヤモンドの結晶成長方向の長さ寸法が $2\mu\text{m}$ 以下になるように予め定められた所定の処理時間で結晶成長を中止するもので、前記第4発明のダイヤモンド被覆工具の製造に好適に用いられ、実質的に第4発明と同様の効果が得られる。また、これ等第6発明～第8発明は、CVD装置の反応炉内で核付着工程および結晶成長工程を繰り返して、微結晶で多層構造のダイヤモンド被膜をコーティングするため、ダイヤモンドの結晶の大きさを高い精度で制御しつつ同時に多量のダイヤモンド被覆工具を生産することができる。

【0021】第9発明、第10発明のダイヤモンド被覆工具の製造方法は、前記第5発明のダイヤモンド被覆工具の製造に好適に用いられるもので、実質的に第5発明と同様の効果が得られる。特に、第10発明では、CVD装置の反応炉内で核付着工程および結晶成長工程を繰り返して、微結晶で多層構造のダイヤモンド被膜をコーティングするため、ダイヤモンドの結晶の大きさを高い精度で制御しつつ同時に多量のダイヤモンド被覆工具を生産することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明は、エンドミルやバイト、タップ、ドリルなど種々のダイヤモンド被覆切削工具やその製造方法に好適に適用され、その切削工具は、アルミニウム鋳物やアルミニウム合金、銅、銅合金などの非鉄金属の切削加工に好適に用いられるが、他の被削材用の切削工具や、転造工具などの切削加工以外の加工工具にも適用され得る。工具母材としては超硬合金が好適に用いられるが、サーメットやセラミックス等の他の工具材料を用いることもできる。

【0023】第1発明～第3発明、第5発明、第7発明などでは、ダイヤモンド被膜の表面の結晶粒径、或いは結晶成長方向と略直角な断面の結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下とされているが、 $1\mu\text{m}$ 以下であることが更に望ましい。第4発明や第8発明では、結晶成長方向の長さ寸法が $2\mu\text{m}$ 以下とされているが、 $1\mu\text{m}$ 以下であることが更に望ましい。

【0024】第4発明、第8発明では、結晶成長方向の長さ寸法が $2\mu\text{m}$ 以下の微結晶の多層構造とされているが、第1発明～第3発明、第7発明では、少なくとも結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下であれば良く、結晶成長方向の長さ寸法が $2\mu\text{m}$ より大きい場合であっても良い。また、第4発明、第8発明のように結晶成長方向の長さ寸法が

μm 以下になるように結晶成長を中止して多層構造にすると、一般には結晶粒径も $2\mu\text{m}$ 以下になり、ダイヤモンド被膜表面の凹凸が一層良好に低減される。その場合は、第4発明や第8発明を第1発明～第3発明や第7発明の一実施態様と見做すことができる。なお、第4発明、第8発明では結晶粒径が $2\mu\text{m}$ より大きい場合であっても差し支えない。

【0025】第5発明、第9発明では、ダイヤモンド被膜の表面の結晶粒径が $2\mu\text{m}$ 以下であり、第1発明～第3発明、第7発明の一実施態様と見做すことができるが、第4発明、第8発明のように結晶成長方向の長さ寸法が $2\mu\text{m}$ 以下の微結晶多層構造としても、同様の効果が得られる。

【0026】第5発明、第9発明、第10発明は、ダイヤモンド被膜の密着性を高めるために工具母材に荒し加工を行うようになっているが、他の発明は必ずしも荒し加工を前提とするものではなく、例えば周期表のIVa族～VIa族の金属の炭化物や窒化物、酸化物、或いはA1の窒化物などから成る中間層を工具母材とダイヤモンド被膜との間に設けるなどして密着性を高めることもできる。ダイヤモンド被膜の膜厚も、第5発明、第9発明、第10発明では $14\mu\text{m}$ 以下に制限されるが、他の発明では $14\mu\text{m}$ より厚い膜厚のダイヤモンド被膜を設けることも可能である。

【0027】第5発明、第9発明の荒し加工としては、化学的腐食、サンドブラスト等の加工方法が好適に用いられる。刃先丸め量が $5\mu\text{m}$ を越えると切れ味が低下するため、ダイヤモンド被膜の膜厚によっても異なるが、刃先丸め量は $5\mu\text{m}$ 以下でできるだけ小さい方が望ましい。但し、工具母材の表面の粗さ曲線の最大高さ R_z が $1\mu\text{m}$ 以下で且つ十点平均粗さ R_a が $0.2\sim0.5\mu\text{m}$ の範囲内であることを満足する必要がある、最大高さ R_z が $1\mu\text{m}$ を越えたり十点平均粗さ R_a が $0.5\mu\text{m}$ を越えると、その凹凸がダイヤモンド被膜の面粗さに影響して被削材の面粗さが悪くなる一方、十点平均粗さ R_a が $0.2\mu\text{m}$ より小さくなると、ダイヤモンド被膜の密着性(付着強度)が損なわれる可能性がある。

【0028】ダイヤモンド被膜のコーティングにはCVD法が好適に用いられ、マイクロ波プラズマCVD法やホットフィラメントCVD法が適当であるが、高周波プラズマCVD法等の他のCVD法を用いることもできる。

【0029】以下、本発明の実施例を図面を参照しつつ詳細に説明する。図1は、本発明が適用されたダイヤモンド被覆工具、或いはダイヤモンド被覆切削工具としてのエンドミル10を示す図で、超硬合金にて構成されている工具母材(本体)12にはシャンクおよび刃部14が一体に設けられている。刃部14には、切れ刃として外周刃および底刃が設けられているとともに、その刃部14の表面にはダイヤモンド被膜16がコーティングさ

れている。図1の斜線部はダイヤモンド被膜16を表している。

【0030】上記エンドミル10は、図2に示す工程を経て製造されたもので、ステップS1では、超硬合金に研削加工等を施すことにより、切れ刃として外周刃および底刃を有する工具母材12を形成し、ステップS2では、ダイヤモンド被膜16の付着強度を高めるために工具母材12の刃部14の表面に荒し加工を施す。この荒し加工は、例えば化学的腐食等によって行われ、刃部14の表面の粗さ曲線の最大高さ R_z が $1\mu\text{m}$ 以下で且つ十点平均粗さ R_a が $0.2\sim0.5\mu\text{m}$ の範囲内になるとともに、図3に示す切れ刃18の刃先丸め量 d が $5\mu\text{m}$ 以下になるように施される。切れ刃18は、刃部14の外周刃または底刃で、点線は荒し加工前の状態で実線は荒し加工後の状態であり、刃先丸め量 d は、荒し加工前の刃先と荒し加工後の刃先との変位量である。このステップS2は前処理工程に相当する。

【0031】次のステップS3では、図4のマイクロ波プラズマCVD装置20を用いて、上記荒し加工が施された工具母材12の刃部14の表面に、微結晶で多層構造のダイヤモンド被膜16をコーティングする。このダイヤモンド被膜16の表面の結晶粒径は $1\mu\text{m}$ 以下で、ダイヤモンド被膜16の最大膜厚は $14\mu\text{m}$ 以下であり、平均膜厚は $10\mu\text{m}$ 以上である。このステップS3はコーティング工程に相当する。

【0032】図4のマイクロ波プラズマCVD装置20は、反応炉22、マイクロ波発生装置24、原料ガス供給装置26、真空ポンプ28、および電磁コイル30を備えて構成されている。円筒状の反応炉22内にはテーブル32が設けられ、ダイヤモンド被膜16をコーティングすべき複数の工具母材12がワーク支持具36に支持されて、それぞれ刃部14が上向きになる姿勢で配置されるようになっている。

【0033】マイクロ波発生装置24は、例えば 2.45GHz 等のマイクロ波を発生する装置で、このマイクロ波が反応炉22内へ導入されることにより工具母材12が加熱されるとともに、マイクロ波発生装置24の電力制御によって加熱温度が調節される。反応炉22には、工具母材12の刃部14の加熱温度(表面温度)を検出する放射温度計38が設けられており、予め定められた所定の加熱温度になるようにマイクロ波発生装置24の電力がフィードバック制御される。また、反応炉22内の上部には、マイクロ波を導き入れるための石英ガラス製窓40が設けられている。

【0034】原料ガス供給装置26は、メタン(CH_4)や水素(H_2)、一酸化炭素(CO)などの原料ガスを反応炉22内に供給するためのもので、それ等のガスポンプや流量を制御する流量制御弁、流量計などを備えて構成されている。真空ポンプ28は、反応炉22内の気体を吸引して減圧するためのもので、圧力計42

によって検出される反応炉22内の圧力値が予め定められた所定の圧力値になるように、真空ポンプ28のモータ電流などがフィードバック制御される。電磁コイル30は、反応炉22内を取り巻くように反応炉22の外周側に円環状に配設されている。

【0035】図5は、上記マイクロ波プラズマCVD装置20を用いて前記ステップS3を実行する際の具体的な内容を説明するフローチャートで、例えば作業者の設定操作や起動操作、調節操作、停止操作などの手動操作で実行されるが、マイクロコンピュータなどの制御手段を用いて、予め定められた設定条件に従って自動的に実行されるようにすることもできる。

【0036】図5のステップR1は、工具母材12の刃部14の表面、或いはステップR2の結晶成長処理で結晶成長させられた多数のダイヤモンド結晶の表面に、ダイヤモンドの結晶成長の起点となる核の層を付着させる核付着工程で、メタンの濃度が10%~30%の範囲内で定められた設定値になるようにメタンおよび水素の流量調節を行い、工具母材12の表面温度が700℃~900℃の範囲内で定められた設定温度になるようにマイクロ波発生装置24を調節し、反応炉22内のガス圧が 2.7×10^3 Pa~ 2.7×10^3 Paの範囲内で定められた設定圧になるように真空ポンプ28を作動させ、その状態を0.1時間~2時間継続する。なお、工具母材12の刃部14の表面に核を付着させる最初の核付着処理については、マイクロ波プラズマCVD装置20の反応炉22の外で行うことも可能である。

【0037】ステップR2は、上記核を起点としてダイヤモンドを結晶成長させるとともに、ダイヤモンドの結晶粒径が1μm以下になるように予め定められた所定の処理時間で結晶成長を中止する結晶成長工程で、メタンの濃度が1%~4%の範囲内で定められた設定値になるようにメタンおよび水素の流量調節を行い、工具母材12の表面温度が800℃~900℃の範囲内で定められた設定温度になるようにマイクロ波発生装置24を調節し、反応炉22内のガス圧が 1.3×10^3 Pa~ 6.7×10^3 Paの範囲内で定められた設定圧になるように真空ポンプ28を作動させ、その状態を、ダイヤモンドの結晶粒径が1μm以下に維持されるように予め定められた所定時間、具体的にはダイヤモンドの結晶長さ（結晶成長方向の長さ寸法）が1μmになる予め求められた時間よりも短い所定の処理時間だけ継続する。すなわち、本実施例の結晶成長処理では、結晶成長方向の長さ寸法が1μm以下であれば、その結晶成長方向と略直角な平面内の結晶粒径は1μm以下に維持されるのである。

【0038】ステップR3では、工具母材12の表面上に結晶成長させられたダイヤモンド被膜16の膜厚が予め定められた設定膜厚（例えば12μm程度）に達したか否かを、例えばステップR2の実行回数（例えば1回

の結晶長さが1μmであれば12回）などで判断し、設定膜厚になるまで上記ステップR1およびR2を繰り返す。ステップR1の実行時には、ダイヤモンドの結晶成長が中止し、その結晶上に核の層が形成されるとともに、以後の結晶成長処理（ステップR2）では、核の層より下のダイヤモンドの結晶が再成長させられることはなく、新たな核を起点として新たにダイヤモンドが結晶成長させられることにより、結晶粒径および結晶長さが共に1μm以下の微結晶で多層構造のダイヤモンド被膜16が工具母材12の表面にコーティングされる。

【0039】このようにして製造されたエンドミル10によれば、ステップS2の荒し加工による切れ刃18の刃先丸め量dが5μm以下であるとともに、ダイヤモンド被膜16の最大膜厚は14μm以下であるため、そのダイヤモンド被膜16をコーティングした状態においても良好な切れ味が得られるようになる。また、荒し加工による工具母材12の表面の粗さ曲線の最大高さR_aは1μm以下で且つ十点平均粗さR_zは0.2~0.5μmの範囲内であるため、ダイヤモンド被膜16の所定の付着強度を確保しつつ母材表面の面粗さが向上させられる一方、ダイヤモンド被膜16は微結晶の多層構造で、そのダイヤモンド被膜16の表面を構成しているダイヤモンドの結晶粒径や結晶長さは何れも1μm以下であるため、ダイヤモンド被膜16の表面が平滑化され、上記切れ味の向上と相まって被削材の面粗さが向上する。

【0040】また、本実施例では、マイクロ波プラズマCVD装置20の反応炉22内で核付着工程および結晶成長工程を繰り返して、微結晶で多層構造のダイヤモンド被膜16をコーティングするため、ダイヤモンドの結晶の大きさ（結晶長さ）を高い精度で制御しつつ同時に多量のエンドミル10を生産することができる。

【0041】因みに、φ10mmの2枚刃のエンドミルについて、

(a) 前記図2の製造方法に従って製造された本発明品（荒し加工後の工具母材のR_a=1μm、R_z=0.2~0.5μm）

(b) 図2において荒し加工（ステップS2）を施す前の無処理・ノンコート品（工具母材のR_a<0.5μm、R_z<0.2μm）

(c) 図2のステップS1で切れ刃等が設けられた工具母材に、表面の粗さ曲線の最大高さR_a=3μm、十点平均粗さR_z=1~2μmの従来の前処理（荒し加工）を施して、図2のステップS3のコーティング処理を施した比較品1

(d) (c)の比較品1において、ステップS3のコーティング処理を施す代わりに従来の1層の単結晶ダイヤモンド被膜をコーティングした比較品2を用意し、以下の切削条件で切削加工を行って被削材の面粗さを測定した結果を図6に示す。

【0042】（切削条件）

被削材：A7075（アルミニウム）

切削速度：400mm/min

送り：0.05mm/刃

切込み： $a_p = 20\text{mm}$ 、 $a_r = 0.1\text{mm}$

切削油：水溶性

【0043】図6の(a)～(d)は、それぞれ上記本発明品(a)、無処理・ノンコート品(b)、比較品1(c)、比較品2(d)に対応し、本発明品(a)は、比較品1(c)、比較品2(d)に比べて面粗さが大幅に向上し、ダイヤモンド被膜のコーティングに拘らず無処理・ノンコート品(b)と同程度かそれ以上の面精度で切削加工を行うことができる。

【0044】また、荒し加工のみが異なる前記本発明品(a)および比較品1(c)と、(e)前記(b)の無処理・ノンコート品の表面に直接図2のステップS3のコーティング処理を施した比較品3とを用いて、以下の試験方法で付着強度（剥離までの照射時間）を調べたところ、本発明品(a)および比較品1(c)は10～15分で、比較品3(e)は10～20秒であり、本発明品(a)は従来と同様の前処理（荒し加工）を施した比較品1(c)と同程度の付着強度が得られた。

【0045】（試験方法）マイクロブラストによりSiCグリッド#800を照射圧力：0.6MPa、照射距離：5mmで被膜表面に照射し、剥離までの照射時間を計測した。サンプル膜厚は何れも12μmである。

【0046】また、図7は、前記本発明品(a)、および本発明品(a)と同じ荒し加工を施した工具母材の表面に図5のステップR2の成長条件に従って従来の単層構造のダイヤモンド被膜をコーティングした比較品について、以下の切削条件で1108m切削加工を行った後の刃先の電子顕微鏡写真を示す図で、単層構造のダイヤモンド被膜（図7(b)）では一部が剥離しているが、本発明の微結晶多層構造のダイヤモンド被膜（図7(a)）には剥離が認められず、優れた耐久性（付着強度）が得られることが分かる。

【0047】（切削条件）

被削材：ADC12（アルミニウム合金ダイカスト）

回転速度：1280min⁻¹

送り：0.05mm/刃

切込み： $a_p = 10\text{mm}$ 、 $a_r = 0.1\text{mm}$

【0048】また、図8の(a)は、前記図5のコーティング方法に従って超硬合金の表面にコーティングされた微結晶多層構造のダイヤモンド被膜（膜厚17μm）の表面の電子顕微鏡写真（1000倍）を示す図で、図8の(b)は、図5のステップR2の成長条件に従って所定膜厚（16μm）になるまでダイヤモンドの結晶成長を継続して超硬合金の表面にコーティングされた従来の単層構造のダイヤモンド被膜の表面の電子顕微鏡写真（1000倍）を示す図である。これらの図から、本発明の微結晶多層構造のダイヤモンド被膜（図8(a)）の方

が、従来のダイヤモンド被膜（図8(b)）に比較して、表面の凹凸が細かくて平滑であることが明らかである。なお、肉眼で見ても、本発明のダイヤモンド被膜（図8(a)）の方が、従来の単層構造のダイヤモンド被膜（図8(b)）よりも光沢があり、簡単に識別できる。

【0049】また、前記図2の製造方法では、ダイヤモンド被膜16の密着性を高めるために荒し加工を施すようになっているが、例えば図9に示すように、荒し加工を施す代わりに中間層を形成するようにしても良い。図9のステップSS1、SS3は、それぞれ前記図2のステップS1、S3と実質的に同じであり、ステップSS2では、例えば周期表のIVa族～VIa族の金属の炭化物や窒化物、酸化物、或いはA1の窒化物などから成る中間層を、前記工具母材12の刃部14の表面に設ければ良い。

【0050】本実施例においても、ダイヤモンド被膜16は微結晶の多層構造で、そのダイヤモンド被膜16の表面を構成しているダイヤモンドの結晶粒径や結晶長さは何れも1μm以下であるため、ダイヤモンド被膜16の表面が平滑化され、被削材の面粗さが向上する。

【0051】以上、本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明したが、これ等はあくまでも一実施形態であり、本発明は当業者の知識に基づいて種々の変更、改良を加えた態様で実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例であるエンドミル（ダイヤモンド被覆工具）を軸心と直角方向から見た正面図である。

【図2】図1のエンドミルの製造工程を説明する図である。

【図3】図2のステップS2の荒し加工で丸められた切れ刃の先端部分を示す図で、刃先丸め量dを説明する図である。

【図4】図2のステップS3のコーティング工程で使用されるマイクロ波プラズマCVD装置の一例を説明する概略構成図である。

【図5】図2のステップS3の内容を具体的に説明するフローチャートである。

【図6】本発明品(a)と幾つかの比較品(b)～(d)とを用いて切削加工を行い、被削材の面粗さを測定した結果を示す図である。

【図7】微結晶多層構造のダイヤモンド被膜がコーティングされた本発明のエンドミル、および単層構造のダイヤモンド被膜がコーティングされた従来のエンドミルについて、所定の切削加工を行った後の刃先の電子顕微鏡写真を示す図である。

【図8】微結晶多層構造のダイヤモンド被膜および単層構造のダイヤモンド被膜の表面の電子顕微鏡写真を示す図である。

【図9】工具母材の表面に荒し加工を施す代わりに中間

13

14

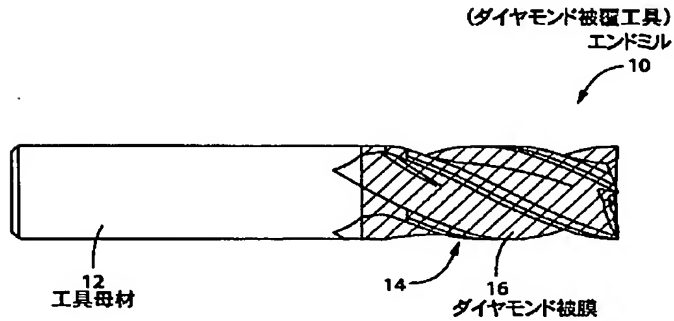
層を設けてダイヤモンド被膜をコーティングする際の製造工程を示す図である。

【符号の説明】

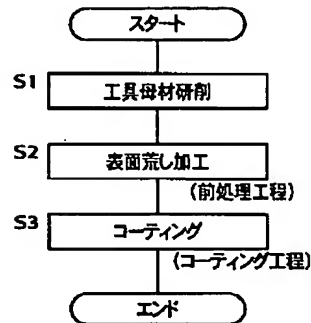
10：エンドミル（ダイヤモンド被覆工具） 12：工具母材
16：ダイヤモンド被膜 18：切れ刃
20：マイクロ波プラズマCVD装置 *

* 22：反応炉 d：刃先丸め量
ステップS2：前処理工程
ステップS3：コーティング工程
ステップR1：核付着工程
ステップR2：結晶成長工程

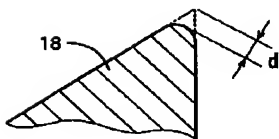
【図1】



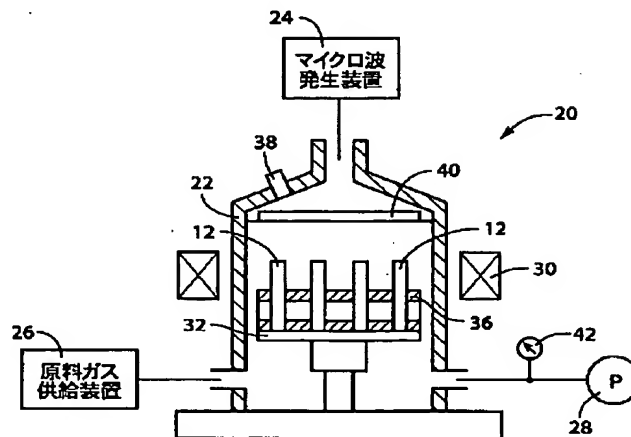
【図2】



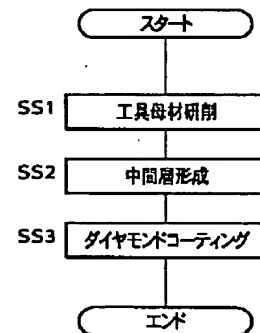
【図3】



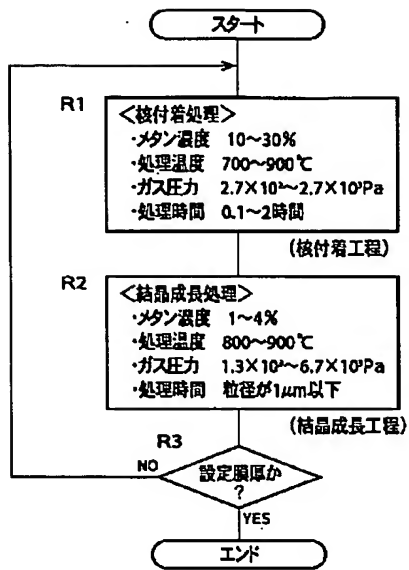
【図4】



【図9】



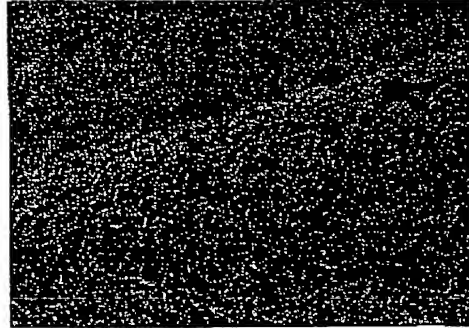
【図5】



【図8】

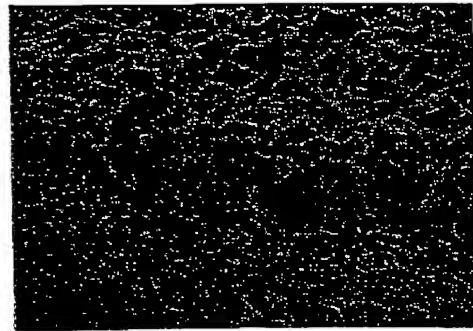
(a) 微結晶ダイヤモンド被膜

(×1000)

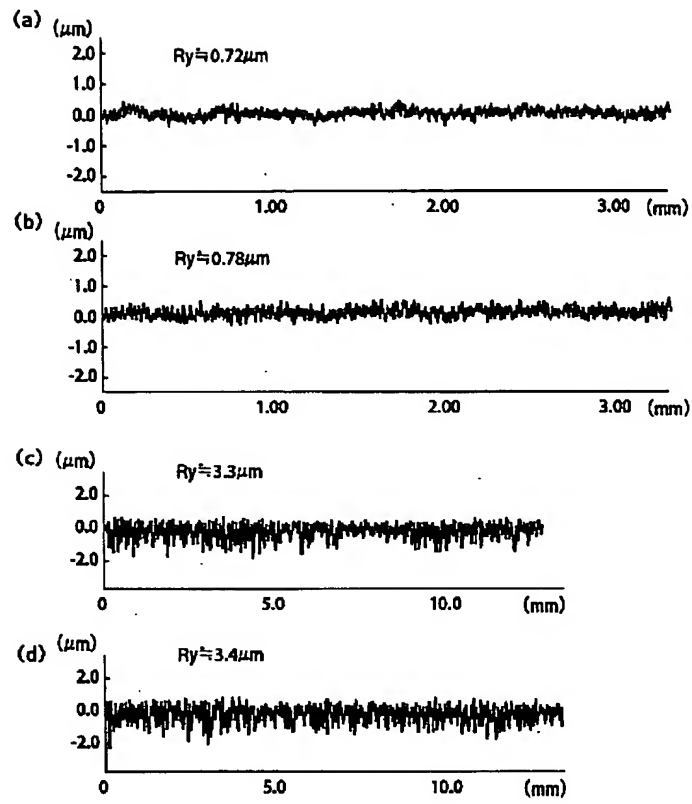


(b) 従来ダイヤモンド被膜

(×1000)

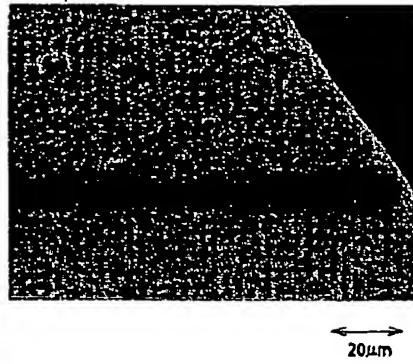


【図6】

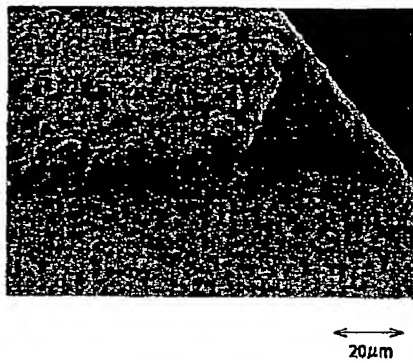


【図7】

(a) 微結晶ダイヤモンド被膜



(b) 従来ダイヤモンド被膜



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

C 2 3 C 16/02
16/27
16/511

識別記号

F I

C 2 3 C 16/02
16/27
16/511

テーマコード(参考)